

ПІДХОДИ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

© Грінченко Г.С., Трищ Ю.В., Грінченко В.В., Багаєв І.О., Фатєєва Л.Ю.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Грінченко Ганна Сергіївна (Гринченко Анна Сергеевна, Hrinchenko Hanna): ORCID: 0000-0002-6498-6142; e-mail: hrinchenko@uira.edu.ua кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Трищ Юлія Віталіївна (Трищ Юлия Витальевна, Trishch Yuliia): ORCID: 0000-0001-5730-5903; e-mail: trishch@gmail.com, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Грінченко Володимир Вікторович (Гринченко Владимир Викторович, Hrinchenko Volodymyr): ORCID: 0000-0001-5721-9175; e-mail: green2015@ukr.net, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Багаєв Ігор Олександрович (Багаев Игорь Александрович, Bahaiev Ihor): ORCID: 0000-0002-9101-5114.; e-mail: i.a.bagayev@gmail.com, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Фатєєва Ліна Юрїївна (Фатеева Лина Юрьевна, Fatieieva Lina): ORCID: 0000-0002-6460-0772; e-mail: linafat81@gmail.com, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

В статті розглянуто підходи до оцінювання ризиків функціонування систем. Проаналізовано та виокремлено основні проблеми при кваліметричному оцінюванні ризиків, а саме необхідності комплексного підходу до оцінювання ризиків та важливості оцінювання не тільки функціонування окремих компонентів системи, а взаємозв'язку між ними, процесів, що функціонують у системі. Запропоновано для кваліметричного оцінювання вважати ризиком обернену величину надійності. На основі аналізу запропоновано оцінювання ризиків розділити на дві моделі функціонування системи. Перша модель представлено таким параметром надійності, як безвідмовність та характеризує розвиток системи до настання критичного моменту, події, колапсу, а друга модель представлено таким параметром надійності, як ремонтпригодність, що характеризує етап функціонування системи після настання критичної події та характеризує відновлення функціонування системи, адаптацію до несприятливих умов. Запропоновано в якості оцінювання ризиків функціонування систем фізико-статистичну математичну модель на основі інтенсивності відмов та ймовірності відновлення роботи системи. Такий підхід дає можливість оцінювати ефективність впровадження, організації та функціонування системи, а найголовніше управляти та удосконалювати функціонування системи на будь-якому етапі життєвого циклу.

Ключові слова: ризик, системи, кваліметричне оцінювання, надійність, безвідмовність, відновлюваність

Hrinchenko H., Trishch Yu., Hrinchenko V., Bahaiev I. “Approaches to risk assessment of the functioning of systems of facilities for different purposes”.

The article considers approaches to assessing the risks of systems operation. The main problems in qualimetric risk assessment are analyzed and highlighted, namely the need for an

integrated approach to risk assessment and the importance of assessing not only the functioning of individual components of the system, but the relationship between them, and the processes operating in the system. It is proposed to consider the inverse value of reliability as a risk for qualimetric evaluation. Based on the analysis, it is proposed to divide the risk assessment into two models of system operation. The first model is represented by such a reliability parameter as infallibility, and characterizes the development of the system before a critical moment, an event or a collapse, and the second model is represented by such a reliability parameter as maintainability, which characterizes the stage of the system functioning after the occurrence of a critical event, and characterizes the restoration of the system functioning and its adaptation to adverse conditions. A physical-statistical mathematical model based on the intensity of failures and the probability of system recovery is proposed as a risk assessment of the functioning of systems. This approach makes it possible to assess the effectiveness of the implementation, organization and functioning of the system, and most importantly to manage and improve the functioning of the system at any stage of the life cycle.

Keywords: risk, systems, qualimetric assessment, reliability, infallibility, maintainability.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В сучасному світі оцінювання ризику будь-якого проекту, системи чи об'єкту є першочергова задача, як на етапі планування, так і на етапі реалізації. Це відноситься для будь-якої системи, будь вона замкнута, відкрита, чи частково-замкнута; макро- чи мікросистема; технічна, екологічна, економічна чи інше. В задачу оцінювання ризику входить як виявлення потенційних ризиків, так і управління ними, що можливо тільки у разі їх кваліметричної оцінки. Разом з тим, складовою оцінювання ризиків є не тільки оцінка ймовірності настання тої чи іншої несприятливої події, але і оцінювання можливості адаптації та відновлення системи з мінімальними втратами в найкоротші терміни. Отже, постає питання щодо застосування та розвитку сучасних підходів до комплексного оцінювання ризиків функціонування систем для об'єктів різного призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Концептуальні аспекти управління ризиками висвітлено у багатьох напрацюваннях вчених, як в Україні, так і за кордоном. Так, наприклад, у публікації [1] обґрунтовано, що принципи ризик-менеджменту визначені у різних сферах з використанням різних підходів, які мало корелюються між собою. Тому виникає необхідність адаптації напрацювань світової наукової думки щодо управління ризиками не лише в наукових доробках, а саме в конкретному прикладному їх характері. Як зазначає у своїй публікації О. Білявська, відповідно до нових пріоритетів, зумовлених змінами в суспільстві, відбувається постійна зміна управлінських структур, а відтак стають неефективними традиційні моделі державного управління [2].

Як зазначено вченими Ofer Zwikael та Mark Ahn, глобальне бізнес-середовище передбачає високий рівень ризик і складність, що є необхідною умовою для майбутнього росту та розвитку. Зокрема, менеджерам доводиться справлятися з декількома типами ризиків, включаючи технологічні, фінансові, пов'язані зі страхуванням, екологічною безпекою та регуляторними. Як наслідок, управління ризиками є критично важливим питанням у багатьох бізнес-сферах, які впливає на прибутковість, ефективність і сталість [3].

У публікації [4] зазначається, що управління ризиками підприємства (ERM) є надзвичайно важливою сферою через її економічні наслідки. Все більше і більше компаній

звертають на це увагу, враховуючи значну економiю за рахунок уваги до рiзних аспектiв ризику. У той же час ERM став свiдком змiни способу, яким фiрми керують багатьма факторами невизначеностi, якi стоять на шляху досягнення iхнiх стратегiчних, операцiйних i фiнансових цiлей. Тим не менш, iснуючi системи управлiння ризиками (RMIS) не є ани потужними, ани достатньо гнучкими, щоб моделювати складнiсть процесу управлiння ризиками. Авторами пропонується програмне забезпечення, моделювання управлiння ризиками ARMISTICE (Advanced Risk Management Information System: Tracking Insurances, Claims and Exposures).

Традицiйно оцiнку ризику для якостi та управлiння ним здiйснювали за допомогою рiзних способiв, якi базувалися, наприклад, на комбiнацiї спостережень, тенденцiй та iншої iнформацiї. Можна видiлити найбільш розповсюдженi методи оцiнювання ризикiв [5-9]:

1. Основнi допомiжнi методи управлiння ризиками (блок-схеми, контрольнi карти тощо);
2. Аналiз характеру наслiдкiв вiдмов (Failure Mode Effects Analysis – FMEA);
3. Аналiз характеру, наслiдкiв та критичностi вiдмов (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis – FMECA);
4. Аналiз дерева помилок (Fault Tree Analysis – FTA);
5. Аналiз експлуатацiйної безпеки та критичнi контрольнi точки (Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP);
6. Аналiз експлуатацiйної безпеки та працездатностi (Hazard Operability Analysis – HAZOP);
7. Попереднiй аналiз експлуатацiйної безпеки (Preliminary Hazard Analysis – PHA);
8. Ранжирування та фiльтрацiя ризикiв;
9. Вiдповiднi статистичнi методи.

Метою роботи є аналiз iснуючих методiв оцiнювання ризикiв функцiонування систем для iх подальшого удосконалення та розвитку.

Виклад основного матерiалу

В даний час iснує багато методiв розрахунку ризику. Цi методи зручно роздiлити на двi групи [5]:

- якiснi методи дозволяють отримувати усередненi узагальненi вiдомостi про ризик заподiяння шкоди для груп продукцiї або значення ризику для конкретного виду продукцiї;
- кiлькiснi методи: статистичнi, що дозволяють отримувати усередненi по однорiднiй групi продукцiї або популяцiї вiдомостi про ризик (безпеки) заподiяння шкоди;
- розрахунковi (iндивiдуальнi), що дозволяють отримувати значення ризику для конкретного виду продукцiї.

Аналiз характеру наслiдкiв вiдмов (FMEA) – це системний метод аналізу, спрямований на запобiгання невідповiдностей (помилки, вiдхилення, дефектiв) призначений для оцiнювання характеру потенцiйних вiдмов для процесу, а також iх можливих наслiдкiв на результат процесу та/або характеристики продукцiї [5]. Метод застосовується для певного процесу, можливо застосовувати для оцiнювання функцiонування всiєї системи, але є певнi недолiки в узагальненi даних.

Аналiз характеру, наслiдкiв та критичностi вiдмов (FMECA) [5] може бути розширений, щоб включити дослiдження ступеня тяжкостi наслiдкiв, вiдносноi ймовiрностi iнцидентiв, а також iх здатностi до виявлення; таким чином, FMEA стає аналізом характеру, наслiдкiв та критичностi вiдмов (FMECA). Для проведення такого аналізу мають бути встановленi специфiкацiї на продукцiю та процес. За допомогою FMECA можуть бути встановленi точки,

де необхідні додаткові запобіжні заходи, щоб звести ризики до мінімуму. Цей підхід дає більш повну картину у порівнянні з аналізом характеру наслідків відмов (FMEA).

Аналіз дерева помилок (FTA) – це підхід, що припускає невідповідність функціональних характеристик продукції або процесу [5]. За допомогою цього інструменту оцінюють одноразові помилки системи (або частини системи), але можуть бути поєднані численні чинники відмови шляхом встановлення причинних ланцюжків.

Аналіз експлуатаційної безпеки та критичні контрольні точки (НАССР) є системним, превентивним та запобіжним інструментом для забезпечення якості, надійності та безпеки продукції. Це структурований підхід із застосуванням технічних та наукових принципів для аналізування, оцінювання, попередження та контролю ризику або несприятливих наслідків небезпеки, які є результатом планування, розробки, виробництва та застосування препаратів [6].

НАССР складається з семи наступних етапів [6]:

1. проведення аналізу безпеки та визначення запобіжних заходів для кожної стадії процесу;
2. визначення критичних контрольних точок;
3. встановлення критичних меж;
4. введення системи перевірки критичних контрольних точок;
5. визначення коригувальних заходів, які мають бути прийняті, якщо при моніторингу встановлено, що критичні контрольні точки є неконтрольованими;
6. введення системи підтвердження, що система НАССР працює ефективно;
7. введення системи зберігання протоколів.

НАССР можна застосовувати, щоб визначити ризики, пов'язані із фізичною, хімічною та біологічною небезпекою (у тому числі мікробною контамінацією), та управляти ними. НАССР найбільш корисний, коли розуміння продукції та процесу є достатньо повним для того, щоб забезпечити ідентифікацію критичних контрольних точок.

Аналіз експлуатаційної безпеки та працездатності (HAZOP) заснований на теорії, яка припускає, що випадки ризику є наслідком відхилення від запланованих або робочих параметрів [10]. Це є системна техніка «мозкового штурму» для ідентифікації небезпеки з використанням так званих «спрямовуючих слів». «Спрямовуючі слова» (наприклад, «ні», «більше», «інший ніж», «частина ...» тощо) застосовують до відповідних параметрів (наприклад, контамінація, температура), щоб допомогти встановити можливі відхилення від звичайних або запланованих параметрів.

Попередній аналіз експлуатаційної безпеки (РНА) є інструментом аналізу, заснованого на використанні попереднього досвіду або знань щодо небезпеки або відмови, з метою виявлення інших факторів небезпеки в майбутньому, небезпечних ситуацій та випадків, що можуть бути причиною шкоди, а також з метою оцінювання їх ймовірності стосовно даної діяльності, даних технічних засобів, продукції або системи [10]. Інструмент полягає у:

1. ідентифікації можливостей того, що станеться випадок, пов'язаний з ризиком;
2. якісній оцінці ступеня можливого ушкодження або шкоди для здоров'я, що є наслідком;
3. відносному ранжируванню небезпеки з використанням комбінації тяжкості та ймовірності випадку;
4. визначенні можливих коригувальних дій. РНА може бути корисним при аналізі існуючих систем або при визначенні небезпеки, якщо обставини не дозволяють застосовувати більш масштабний спосіб.

Ранжирування та фільтрація ризиків є інструментом для порівняння та ранжирування ризиків. Ранжирування ризиків складних систем, як правило, вимагає оцінки численних різноманітних кількісних та якісних факторів щодо кожного ризику. Інструмент полягає у поділі основної проблеми, пов'язаної з ризиком, на багато компонентів, що необхідно для

фіксування факторів, пов'язаних з ризиком. Ці фактори поєднують в одну відносну шкалу ризиків, яку можна застосовувати для ранжирування ризиків.

Допоміжні статистичні методи можуть допомагати управлінню ризиками для якості та полегшувати його [8-10]. Вони забезпечують можливість ефективної оцінки даних, допомагають при визначенні важливості набору(ів) даних, а також сприяють прийняттю більш правильних рішень. Перелік деяких основних статистичних методів включає [8-10]: контрольні карти (карти приймального контролю, контрольні карти для арифметичного середнього з попереджувальними межами, контрольні карти кумулятивних сум, контрольні карти Шухарта, зважене рухоме середнє значення); план експериментів (Design of Experiments – DOE); гістограми; діаграми Парето; причинно-наслідкова діаграма; аналіз придатності процесу.

Розглянемо різні визначення ризику, що даються вітчизняними та зарубіжними авторами[11-13]:

1. Ризик – потенційна, чисельно вимірна можливість втрати. Поняттям ризику характеризується невизначеність, пов'язана з можливістю виникнення в ході реалізації проекту несприятливих ситуацій і наслідків.

2. Ризик – ймовірність виникнення втрат, збитків, недонаходжень планованих доходів, прибутку.

3. Ризик – це невизначеність наших фінансових результатів у майбутньому.

4. J. P. Morgan визначає ризик як ступінь невизначеності отримання майбутніх чистих доходів.

5. Ризик – це вартісне вираження імовірного події, що призводить до втрат.

6. Ризик – шанс несприятливого результату, небезпека, загроза втрат і пошкоджень.

7. Ризик – ймовірність втрати цінностей (фінансових, матеріальних товарних ресурсів) в результаті діяльності, якщо обстановка і умови проведення діяльності будуть змінюватися в напрямку, відмінному від ризику, передбаченого планами і розрахунками.

Разом з тим необхідно і розуміти що мається на увазі і під системою, і в якому розрізі розглядаються системи. Для оцінювання ризиків функціонування технічних систем різного призначення ми розглядаємо комплексну адаптивну систему.

Комплексна адаптивна система (Complex Adaptive System) – це динамічна мережа або система, що складається з багатьох агентів. Під агентами розуміють, організації, фірми, види, залежно від рівня, людські ресурси, технічні компоненти, будь-що інше, які діють автономно та постійно реагують один на одного, тобто є тісний взаємозв'язок між агентами системи. Системи є екзогенні (відкриті) та ендогенні (закриті), але в будь-якому випадку системи динамічні, постійно розвиваються, змінюються. Оцінювання такої системи завжди має нові вихідні дані, є передумови її роботи, які будуть завжди різними, історія системи незворотна. І в нашому випадку, нас цікавить надійність усієї системи, тобто не окремих агентів (складових) системи, а і їх взаємозв'язок, що припускається як обернена величина ризику. Навіть більше, при оцінюванні таких систем, взаємозв'язок агентів (компонентів) системи має більше значення для аналізу та управлінню ризиками, ніж окремі компоненти. Адже для оцінювання та управління ризиками головне не стійкість окремих компонентів, що можливо оцінити по характеристикам надійності технічних конструкцій, об'єктів тощо, та вони відомі заздалегідь, закладені проєктними організаціями з певним запасом, та визначаються існуючими методиками та стандартами. Для управління та оцінювання ризиків більш вагомим є саме зв'язок окремих агентів та можливість адаптуватись, відновлюватись та управляти ризиками функціонування систем.

Сучасні підходи до розуміння поняття управління ризиками базується на так званій «концепції прийнятного ризику», згідно з якою основною метою є отримання максимальної надійності всіх видів діяльності шляхом підтримання сукупного ризику в межах заданих

стратегією розвитку соціально-економічної системи [15]. Але розвиток системи нелінійний, тому прогнозувати як система себе поведе у той чи інший час на сто відсотків неможливо, ми можемо лише запропонувати вірогідність настання тої, чи іншої події. Також розвиток системи має злом, так би мовити колапс (Точка А, рис. 1.) після якої йде спад, що також необхідно врахувати при оцінюванні ризику, та поведінку системи після досягнення колапсу, тобто можливість системи до адаптації у період після колапсу (гнучкість, відновлення процесів).

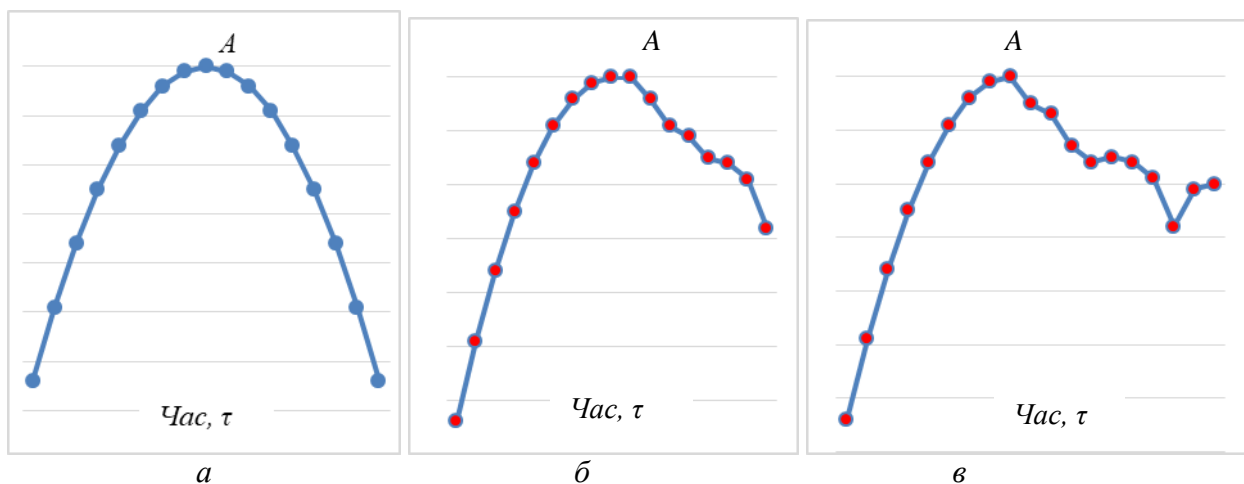


Рис. 1 – Варіанти функціонування системи: *а* – невідновлювана система; *б* – система частково-відновлювальна; *в* – відновлювальна система

Ризик – це результат впливу закономірних та випадкових факторів на якість продукції, процесу чи послуги, який може мати як позитивний, так і негативний ефект.

Пропонується вважати, що ризик – це поняття, яке має кількісне вираження і обернене величині надійності. Тобто, щоб визначити величину ризику, необхідно знати величину надійності. Виходячи з цього, для визначення величини ризику стосовно продукції, процесів чи систем можна застосовувати ті самі методи, що застосовуються при визначенні надійності, тобто застосовувати методи структурного аналізу та методи математичної статистики. Для цього при оцінюванні ризику пропонується розглядати життєвий цикл системи за наступними показниками надійності: безвідмовність (до настання граничного, критичного стану, колапсу А) та ремонтпридатність (тобто відновлюваність системи після критичної події, колапсу А), що у обох випадках описується ймовірнісними характеристиками.

Так як ризик – це позитивна величина, що має кількісне вираження (від нуля до одиниці) і на його показник впливає велика кількість факторів (особливості процесів системи), а час функціонування процесу (τ) – позитивна величина, то, виходячи з такої фізичної суті припускається, що фізико-статистична модель – двопараметрична модель Вейбулла–Гнеденко, яка має вигляд [16]:

$$P(\tau_{max} < \tau_A < \tau) = F(\tau) = e^{-\left(\frac{\tau}{\beta}\right)^\alpha}, \quad (1)$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи, якщо розглядається ділянка кривої функціонування системи до настання граничного, критичного стану, колапсу А; β – масштабний параметр; α – параметр форми⁴

$$P(\tau_{max} < \tau < \tau_A) = F(\tau) = e^{-\left(\frac{\tau}{\beta}\right)^\alpha}, \quad (2)$$

де P – ймовірність відновлення роботи, якщо розглядається ділянка кривої функціонування системи після настання граничного, критичного стану, колапсу A .

Для вирішення практичних задач з оцінювання ризиків необхідно оцінити параметри моделі (1) та (2) - β та α . І чим ефективнішими будуть оцінки параметрів моделі, тим достовірнішим буде результат і тим меншим необхідний обсяг статистичної інформації [15]. Тому наступним завданням дослідження є знаходження ефективних статистичних оцінок параметрів моделі розподілу (1).

Рішення практичних завдань вимагає уміння досить точно оцінювати параметри розподілу, особливо по малій кількості статистичних даних n . Адже ефективність і економічність управління якістю процесами визначається достовірністю визначення статистичних характеристик процесу розсіювання його показників якості за вибірковими даними невеликого обсягу. Для високої достовірності вирішення завдань щодо застосування статистичних методів у процесі управління якістю процесів необхідно знаходження ефективних статистичних оцінок параметрів статистичних моделей розподілу випадкових величин, яким відповідають розсіювання показників якості процесів, що є однією з умов управління якістю статистичними методами та описують розсіювання показників якості процесу.

Знайдемо оцінки параметрів методом найбільшої правдоподібності, для чого визначимо функцію правдоподібності K :

$$K = \ln p(\tau) = \ln(\prod_{i=1}^n p(\tau_i)) \quad (3)$$

Так як щільність розподілу моделі (1) має вид:

$$p(\tau) = \frac{1}{\alpha\beta} \left(\frac{\tau}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}-1} e^{-\left(\frac{\tau}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (4)$$

$$\text{то } \ln(p(\tau_i)) = \ln \frac{1}{\alpha\beta} + \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \ln \frac{\tau_i}{\beta} - \left(\frac{\tau_i}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (5)$$

відповідно:

$$K = \ln p(\tau) = n \ln \frac{1}{\alpha\beta} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \ln \tau_i - n \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \ln \beta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\tau_i}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (6)$$

Знаходимо часткові похідні за параметрами:

$$\begin{cases} \frac{\partial K}{\partial \alpha} = \frac{n}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^2} \sum_{i=1}^n \tau_i - \frac{n}{\alpha^2} \ln \beta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\tau_i}{\beta}\right)^{1/\alpha} \ln \left(\frac{\tau_i}{\beta}\right) \\ \frac{\partial K}{\partial \beta} = -\frac{n}{\alpha\beta} + \frac{\beta^{-2/\alpha}}{\alpha} \sum_{i=1}^n (\tau_i)^{1/\alpha} \end{cases} \quad (7)$$

Оцінку β можна знайти з рівнянь, знаючи оцінку α :

$$\beta = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i)^{1/\alpha}}{\tau}\right)^\alpha \quad (8)$$

Оцінку α можна знайти з таблиць для гама-функцій з рівності:

$$C_v = \Gamma(1 + \alpha), \quad (9)$$

де C_v – це варіація.

$$C_v = \sqrt{n \sum_{i=1}^n p_i^2 - 1}; \quad p_i = \frac{\tau_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (10)$$

Знаючи оцінку α , можна отримати оцінку β з рівняння (8).

Знайдемо оцінки параметрів методом моментів, прирівнюючи теоретичні та емпіричні моменти відповідного порядку, отримаємо оцінку β :

$$\beta = \frac{M_1}{\Gamma(1+\alpha)} \quad (11)$$

Оцінку α знайдемо з таблиць для гама-функцій виходячи з рівності (8), при чому:

$$C_v = \frac{S}{M_1} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(\tau_i - M_1)^2}{n-1}}}{M_1}, \quad (12)$$

де M_1 - вибіркове середнє значення; S - стандартне вибіркове відхилення.

$$M_1 = \frac{\sum n_i \tau_i}{n}$$

Отже, маємо оцінки параметрів моделі (1), отримані двома методами, аналогічно робиться і для моделі (2). Класичні методи статистичного оцінювання – метод максимальної правдоподібності і метод моментів, орієнтовані на наявності великого об'єму статистичної інформації. Тобто із збільшенням інформації про об'єкт оцінювання ризику, збільшується достовірність оцінювання, проте на практиці їх часто застосовують при будь-яких обсягах інформації, у тому числі і малих, що призводить до значних помилок при вирішенні прикладних завдань.

Висновки

1. Проаналізовано підходи до оцінювання ризиків функціонування систем.
2. Запропоновано в якості оцінювання ризиків функціонування систем фізико-статистичну математичну модель за критерієм інтенсивності відмов - двопараметричну модель Вейбула-Гнеденка.
3. Застосовано ефективні оцінки параметрів математичної моделі надійності безвідмовного функціонування системи.
4. Статистичний аналіз ефективності та зміщеності знайдених оцінок з застосуванням методу Монте-Карло показав, що оцінки, знайдені методом найбільшої правдоподібності більш ефективні та менш зміщені.

Список використаних джерел:

1. Непомнящий О. Основні принципи і складові ризик-менеджменту при будівництві та експлуатації споруд: державно-управлінський аспект / О. Непомнящий // *Публічне урядування*. – 2019. – № 1 (16). – С. 154–169.
2. Білявська О. Б. Концептуальні принципи управління ризиками в державному управлінні [Електронний ресурс] / О. Б. Білявська // *Державне управління: удосконалення та розвиток*. – 2010. – № 6. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur_2010_6_5. (дата звернення: 12.05.22)
3. Zwikael O. The Effectiveness of Risk Management: An Analysis of Project Risk Planning Across Industries and Countries. / O. Zwikael, M. Ahn // *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*. – 2011. – № 31. – Р. 25–37.
4. Managing the Risks of Risk Management / L. Castro[et al.] // *Journal of Decision Systems*. – 2008. – № 17. – Р. 501–521.
5. Лебединець В. О. Оцінювання, аналізування та управління ризиками для якості на фармацевтичному підприємстві / В. О. Лебединець, С. М. Коваленко // *Управління, економіка та забезпечення якості в фармації*. – 2011. – № 6 (20). – С. 10–15.
6. Методика управління ризиками для системи управління якістю при виготовленні виробів медичного призначення / А. М. Денисенко [и др.] // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2019. – Вип. 3 (55). – С. 25–30.
7. Михно П. Державне управління ризиком як механізм мінімізації невизначеності [Електронний ресурс] / П. Михно // *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України*. – 2012. – Вип. 2. – С. 90–100. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnadu_2012_2_12. (дата звернення 15.05.22)
8. Methodology for assessing risk in innovation investments / V. Novelini [et al.] // *Rev. Adm. UFSM, Santa Maria*. – 2019. – Vol. 12, № 5. – Р. 953–974.
9. Головач Т. В. Ризик менеджмент: зміст і організація на підприємстві / Т. В. Головач, А. Б. Грушевицька, В. В. Швид // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2009. – № 3, т. 1. – С. 157–163.
10. Стрельбіцька Н. Уніфікований міжнародний стандарт ризик-менеджменту як відповідь на виклики глобалізації [Електронний ресурс] / Н. Стрельбіцька // *Соціально-економічні проблеми і держава*. – 2011. – Вип. 2 (5). – Режим доступу : <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2011/11snyvnh.pdf> (дата звернення 22.05.22)
11. Дуднева Ю. Е. Стандартизація ризик-менеджменту як шлях підвищення його ефективності / Ю. Е. Дуднева // *Ринкова трансформація економіки : стан, проблеми, перспективи : матеріали V міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Харків, 8-10 квітня 2014 р.)*. – 2014. – С. 84–86.
12. Morgan J. RiskMetrics [Electronic resource] / J. Morgan, P. Reuters. – Access mode : <http://www.jpmorgan.com/RiskManagement/RiskMetrics/RiskMetrics.html> (date of access 22.05.22)
13. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. – Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
14. Лагунова І. А. Сутність та принципи концепції ризик-менеджменту / І. А. Лагунова // *Актуальні проблеми державного управління*. – 2018. – № 1. – С. 44–51.
15. Оцінювання ризиків функціонування системи управління якістю (ДСТУ ISO 9001:2015) вищих навчальних закладів / Р. М. Тріщ, Г. С. Кіпоренко, Н. І. Кім, А. М. Денисенко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2016. – Вип. 2 (38). – С. 133–136.

References:

9. Nepomniashchy, O 2019, 'Osnovni pryntsypy i skladovi ryzyk-menedzhmentu pry budivnytstvi ta ekspluatatsii sporud: derzhavno-upravlinskyi aspekt', *Publichne uriaduvannia*, no. 1 (16), pp. 154-169.
10. Biliavska, OB 2010, 'Kontseptualni pryntsypy upravlinnia ryzykamy v derzhavnomu upravlinni' *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok*, № 6, viewed 12 May 2022, <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur_2010_6_5>.
11. Zwikael, O & Ahn, M 2011, 'The Effectiveness of Risk Management: An Analysis of Project Risk Planning Across Industries and Countries', *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*, no. 31, pp. 25-37.
12. Castro, L, Gulías, V, Abalde, C & Jorge, J 2008, 'Managing the Risks of Risk Managemen', *Journal of Decision Systems*, no. 17, pp. 501-521.
13. Lebedynets, VO & Kovalenko, SM 2011, 'Otsiniuvannia, analizuvannia ta upravlinnia ryzykamy dlia yakosti na farmatsevtichnomu pidpriemstvi', *Upravlinnia, ekonomika ta zabezpechennia yakosti v farmatsii*, no. 6 (20), pp. 10-15

14. Denysenko, AM, Hrinchenko, HS, Burdeina, VM & Lys, YuS 2019, 'Metodyka upravlinnia ryzykamy dlia systemy upravlinnia yakistiu pry vyhotovlenni vyrobiv medychnoho pryznachennia', *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, no. 3(55), pp. 25-30.
15. Mykhno, P 2012, 'Derzhavne upravlinnia ryzykom yak mekhanizm minimizatsii nevyznachenosti', *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii derzhavnoho upravlinnia pry Prezidentovi Ukrainy*, no. 2, pp. 90-100. viewed 15 May 2022, <http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnadu_2012_2_12>.
16. Novelini, V et al. 2019, 'Methodology for assessing risk in innovation investments' *Rev. Adm. UFSM, Santa Maria*, vol. 12, no. 5, pp. 953-974.
17. Holovach, TV, Hrushevyska, AB & Shvyd, VV 2009, 'Ryzik menedzhment: zmist i orhanizatsiia na pidpriemstvi', *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, no. 3, vol. 1, pp. 157–163.
18. Strelbitska, N 2011, 'Unifikovanyi mizhnarodnyi standart ryzik-menedzhmentu yak vidpovid na vyklyky hlobalizatsii', *Sotsialno-ekonomichni problemy i derzhava*, no. 2 (5), viewed 22 May 2022, <<http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2011/11snynvh.pdf>>.
19. Dudnieva, YuE 2014, 'Standartyzatsiia ryzik-menedzhmentu yak shliakh pidvyshchennia yoho efektyvnosti', *Rynkova transformatsiia ekonomiky : stan, problemy, perspektyvy*, pp. 84-86.
20. Morgan, J & Reuters, P 1996, 'Risk Metrics' *Technical Document*. viewed 22 May 2022, <<http://www.jpmorgan.com/RiskManagement/RiskMetrics/RiskMetrics.html>>.
21. Derzhavne pidpriemstvo Ukrainyskyi nauково- doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti 2019, *Menedzhment ryzykiv. Pryntsypy ta nastanovy (ISO 31000:2018, IDT)*, DSTU ISO 31000:2018 [Chynnyi vid 2019-01-01].
22. Lahunova, IA 2018, 'Sutnist ta pryntsypy kontseptsii ryzik-menedzhmentu', *Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia*, no. 1, pp. 44-51.
23. Trishch, RM, Kiporenko, HS, Kim, NI & Denysenko, AM 2016, 'Otsiniuvannia ryzykiv funktsionuvannia systemy upravlinnia yakistiu (DSTU ISO 9001:2015) vshchychkh navchalnykh zakladiv', *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, no. 2 (38), pp. 133-136.

Стаття надійшла до редакції 12 липня 2022 року